



AUTOMATIZACIÓN A TRAVES DE UN MODELO GEOGRAFICO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PENDIENTES COMPLEJAS

AUTOMATION THROUGH A GEOGRAPHIC MODEL FOR THE APPLICATION OF COMPLEX PENDING METHODOLOGY

Dina Lorena Rojas Velásquez
3101521
Ingeniera Ambiental

Director:
Ing. Freddy León Reyes M.Ed

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
JUNIO DE 2021
BOGOTÁ-COLOMBIA**

AUTOMATIZACIÓN A TRAVES DE UN MODELO GEOGRAFICO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PENDIENTES COMPLEJAS.

AUTOMATION THROUGH A GEOGRAPHIC MODEL FOR THE APPLICATION OF COMPLEX PENDING METHODOLOGY

Dina Lorena Rojas Velásquez
3101521
Ingeniera Ambiental

RESUMEN

La presente solución geográfica usa y muestra los principales parámetros que se deben considerar para el cálculo de pendientes complejas, debido a que en ocasiones esta es considerada como una limitante para poder establecer el indicador ante entidades oficiales como el SIG – OT, debido a que su metodología de cálculo es considerada como dispendiosa o extensa, se desarrolla un Model Builder junto con un Script de Python que tiene como objeto el análisis de la viabilidad que tiene un territorio para proveer bienes y servicios a la población asentada en un municipio o área determinada. A través de la ejecución de este Modelo geográfico fue posible minimizar los tiempos de ejecución creando una automatización de la metodología Pendientes Complejas.

Palabras Clave: Pendientes Simples, Pendientes Complejas, Model Builder, ArcGIS Desktop, Python.

ABSTRACT

The present geographic solution uses and shows the main parameters that must be considered for the calculation of complex slopes, because sometimes this is considered as a limitation to be able to establish the indicator before official entities such as the SIG – OT, because its calculation methodology is considered expensive or extensive, a Model Builder is developed together with a Python Script which aims to analyze the feasibility that has a territory to provide assets and services to the population settled in a specific municipality or area. Through the execution of this geographic Model it was possible to minimize execution times by creating an automation of the Complex Slopes methodology.

Keywords: Simple Slopes, Complex Slopes, Model Builder, ArcGIS Desktop, Python.

Objetivo General

- Elaboración de modelo geográfico basado en la Guía metodológica cálculo de capacidad de carga denominado pendientes complejas IGAC 2016.

Objetivos específicos

- Seleccionar la información necesaria y pertinente para crear el modelo.
- Construir la secuencia lógica del modelo geográfico.
- Generar un Script de Python para el cálculo de pendiente media.

INTRODUCCIÓN

La implementación de este modelo, es una solución geográfica que permita minimizar los tiempos de ejecución y conocer la viabilidad que tiene un territorio para proveer bienes y servicios a la población asentada en el municipio de Guayabetal, para esto es importante la determinación de pendientes complejas, a través de la metodología de “LA PENDIENTE COMPLEJA ATRIBUTO DEL TERRITORIO, UTIL EN EL ORDENAMIENTO ESPACIAL DEL MUNICIPIO “ la cual es el propósito de este estudio tomado como referencia para el desarrollo del modelo mediante el Software ArcGIS de Esri. (Zuñiga Palma, 2010).

Las pendientes están directamente relacionadas con el desnivel que existe en el terreno, que trae por consiguiente la asignación o caracterización del uso del suelo presente en la zona de estudio quien da o proporciona características físicas, químicas y mecánicas al suelo.

Teniendo en cuenta la evaluación de estas características es importante asignarle un uso al suelo, y conocer que desnivel presenta un terreno cuyo se determina por las alturas diferentes presentes en el área de estudio y estas son conocidas como pendientes simples debido a que estas se calculan en una sola dirección, pero con la finalidad de tener un estudio más preciso es conveniente calcularlas en distintas direcciones territoriales refiriéndose a las pendientes complejas las cuales encierran el objeto del estudio. (Zuñiga Palma, 2010).

Por consiguiente, es importante conocer que, para la aplicación de este método, pretende determinas las zonas homogéneas del territorio para usos específicos tales como la capacidad de carga física, y conocer la capacidad de tierra a ocupar o utilizar, para el desarrollo de este modelo se tendrán en cuenta las curvas de nivel presentes en la zona de estudio que serán tomadas de una fuente secundaria de la cartografía Base del IGAC a escala 1:100.000, generando una delimitación de la zona.

Lo cual se hace necesario generar un modelo geográfico que permita que el cálculo de pendientes complejas y así sea eficaz y requiera un menor tiempo, para la determinación de estas y proporcione información correcta.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Delimitación del área de estudio.

La zona de estudio se encuentra ubicada en el Departamento de Cundinamarca en el Municipio de Guayabetal, El Municipio se encuentra ubicado sobre la cordillera oriental a 1.500 msnm. con una temperatura promedio de 22° C y con una extensión de 22,173,74 Ha, está ubicado en la región Oriental del Departamento de Cundinamarca, sobre la vía que conduce de Bogotá a Villavicencio y forma parte de los 10 Municipios que conforman esta región, cuya cabecera regional es Cáqueza (Guayabetal, s.f.).

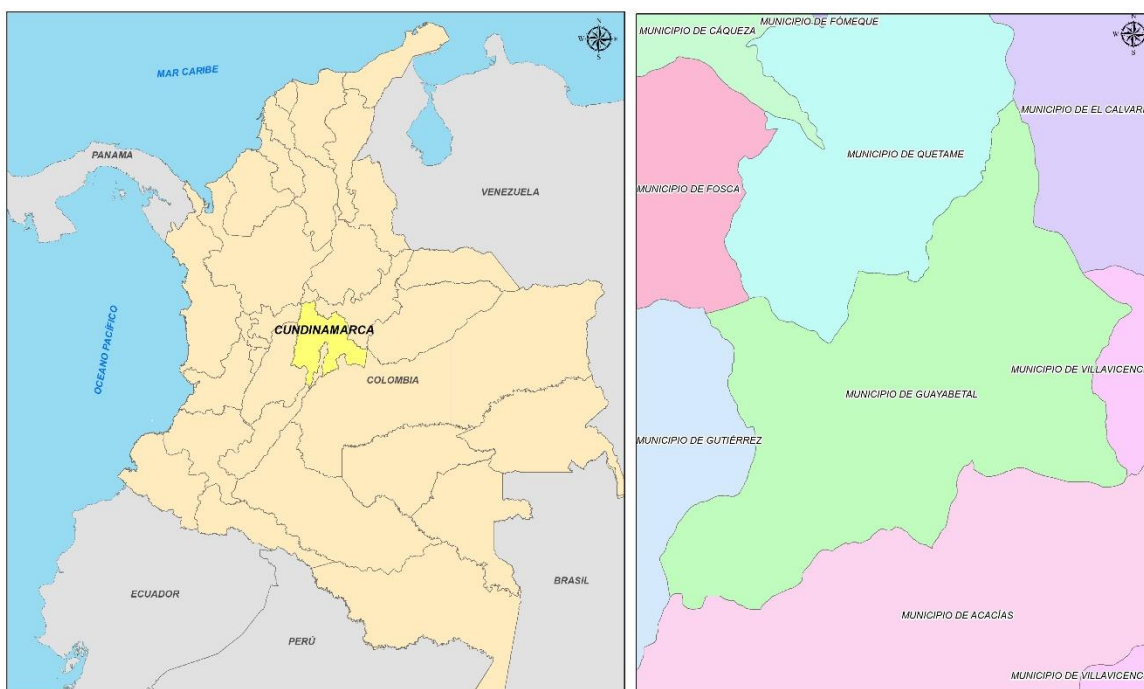


Figura 1. Localización área de estudio.

1.2 Clases de suelos que se encuentren dentro del área de estudio delimitada.

Para esta zona de estudio, se identifican los siguientes tipos de suelos como se pueden observar en la Figura 2. Clases de suelos identificadas en el área de estudio y leyenda, los cuales nos indican la clase del suelo correspondiente y por consiguiente se procede a realizar una caracterización general de cada una de estas clases, donde se busca identificar su clase agrologica a la que corresponde y se identifica el uso recomendado y la pendiente, este estudio de suelos corresponde a la información a escala 1:100.000 (IGAC, 2001).

Para la caracterización de la clase agrologica, se procede a realizar un join entre la capa temática Clases agrologicas y clases del suelo, teniendo como resultado su clase agrologica con sus suelos respectivos como se muestra a continuación.

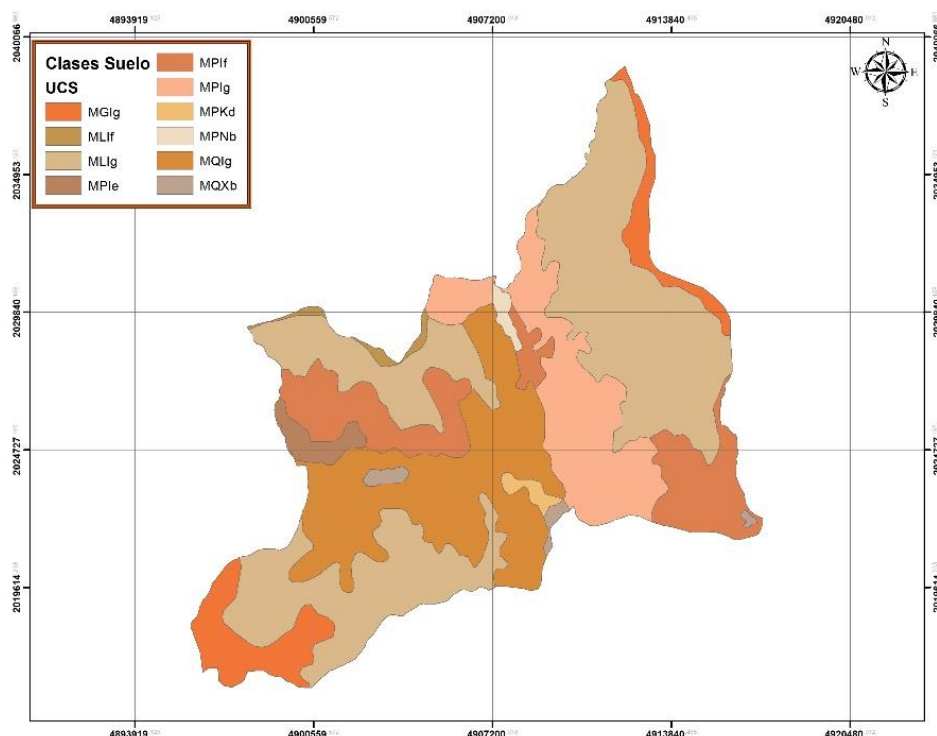


Figura 2. Clases de suelos identificadas en el área de estudio y leyenda

Fuente: IGAC 2001

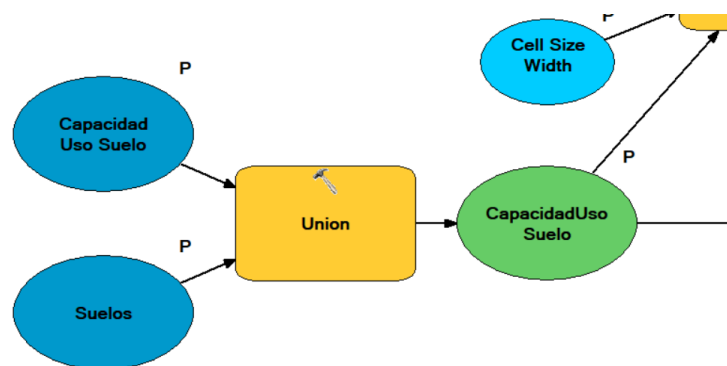


Figura 3. Unión de capas temáticas y resultado

1.3 Resultado cruce de información temática.

El resultado procedente de la unión entre la capacidad uso del suelo y suelos es el resultado de la clase agrologica, teniendo como resultado el suelo y la subclase correspondiente al área de estudio, la cual nos sirve como variable para su identificación.

CLASE AGROLOGICA	SUELO	SUBCLASE	AREA HA
III	MPNb	ps	114.434
IV	MPKd	p	131.856
	MQXb	s	175.416
VI	MPIe	p	318.773
VII	MLIf	p	139.945
	MPIf	p	2719.564
VIII	MGIg	pc	1561.321
	MLIg	ps	9143.238
	MPIg	ps	2881.639
	zMQIg	ps	4243.777
Total general			21429.964

Tabla1. Caracterización general de los suelos (Zuñiga Palma, 2010)

1.4 Clases agrologicas presentes en el área de estudio.

Para las clases agrologicas presentes en la zona de estudio, podemos observar que este es un aspecto relevante de los suelos, ya que este consiste en las características de los mismos a nivel de asociación o de serie, que son la base para determinar el agrupamiento de las tierras por su grado de capacidad (clase). Tales características traducidas a términos generales, configuran tres condiciones que determinan la capacidad física de la tierra para uso agrario las cuales son (Guayabetal, 2001):

- La productividad
- La cualidad de laboreo
- La cualidad de conservación

Las clases VI y VII son aptas para el desarrollo de plantas nativas de la zona eventualmente para pastos y bosques. La clase VIII requiere prácticas demasiado costosas para su recuperación y por tanto no ofrece utilidad inmediata, excepto la de proteger la fauna silvestre y otros recursos renovables de la naturaleza (Zuñiga Palma, 2010).

La clase IV presenta un área de 307.27 Ha, las cuales son aptas para la Ganadería extensiva, agricultura localizada, recreación, silvopastoril, agroforestal.

La clase III presenta una extensión de 114.43 Ha, las cuales son aptas para el uso agropecuario Intensivo, semi-intensivo (Mecanización), agroforestal.

2.Pendientes

Como concepto general, las pendientes obedecen a la inclinación que tiene un terreno respecto a su plano horizontal , estas pendientes simple en la información cartográfica se contrasta con la información de curvas de nivel de los mapas topográficos(Zuñiga Palma, 2010).

CLASE AGROLOGICA	PENDIENTE
III	Relieve ligeramente ondulado con pendientes 3-7%.
IV	Relieve ligero a moderadamente quebrado con pendientes 7-12% y 12-25%, afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial.
	Relieve ligeramente inclinado con pendientes 3-7%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial.
VI	Relieve fuertemente quebrado a fuertemente escarpado con pendientes 25-50% y superiores a 50%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera.
VII	Relieve fuertemente quebrado a fuertemente escarpado con pendientes 25-50% y superiores a 50%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera.
	Relieve ligero a fuertemente escarpado con pendientes 25-50% y superiores a 50%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera.
VIII	Relieve fuertemente quebrado a fuertemente escarpado con pendientes 25-50% y superiores a 50%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera.
	Relieve fuertemente quebrado a fuertemente escarpado con pendientes 25-75%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera.
	Relieve ligero a fuertemente escarpado con pendientes 25-50% y superiores a 50%, afectado en sectores por erosión hídrica laminar ligera.

Tabla 2. Clases Agrologicas

El escenario resultante del cruce de la información temática, podemos obtener las correspondientes clases agrologicas y sus pendientes de acuerdo con la información disponible en el IGAC.

El 0,53 % de las tierras correspondiente a la clase agrologica III, se localizan en rangos de 3-7 % con una pendiente compleja del 10-20 %.

El 1.43 % de las tierras corresponden a la clase agrologica IV, se localizan en los rangos de 7-12% y 12-25%, con una pendiente compleja 10 -35 %.

El 1.49 % de las tierras corresponden a la clase agrologica VI, se localizan en los rangos de 25 - 50 % y superiores al 50%, con una pendiente compleja 35-70 %.

El 13.34 % de las tierras corresponden a la clase agrologica VII, se localizan en los rangos de 25 - 50 % y superiores al 50%, con una pendiente compleja 35-70 %.

El 83.20 % de las tierras de las tierras corresponden a la clase agrologica VII, se localizan en los rangos de 25 -50 % y superiores al 50%, con una pendiente compleja 35-70 %.

2.1 Pendientes Complejas.

Para la determinación de las pendientes complejas, a partir de la pendiente simple y teniendo una interrelación de los datos ha permitido que diferentes autores elaboren tablas de unidades de suelo con distintos rangos de pendientes, pero la propuesta por (Zuñiga Palma, 2010) quien propone rangos de pendientes de la siguiente manera.

Pendiente (%)	Pendiente simple (en una sola dirección)	Pendiente compleja (en varias direcciones)
< 0,5	A nivel	A nivel
0,5 – 2	Muy ligera	Muy ligera, ondulada
3 – 8	Ligera	Ondulada
9 – 15	Moderada	Quebrada
16 – 30	Fuerte	Fuertemente ondulada
31 – 45	Colgada	Colgada
> 45	Muy colgada	Muy colgada

Tabla 3. Pendientes complejas

(IGAC, 2001)

3. Calculo de pendiente compleja.

3.1 Construcción cuadrícula de Ryden.

Como se mencionó anteriormente la pendiente compleja consiste en realizar un análisis correspondiente a el desnivel que existe en el terreno en diferentes direcciones del mismo, para realizar la elaboración del modelo con la herramienta ModelBuilder, primero indicare el proceso, para esto vamos a realizar una Construcción cuadrícula de Ryden, con un tamaño de cuadrícula de 1000 por 1000 metros

Para esto usaremos el software ArcGIS Desktop versión 10.7 y usaremos la herramienta Create Fishnet, y para esto vamos a cubrir el área con el polígono total correspondiente al área de estudio, para esto se hace necesario que la herramienta se ejecute dos veces con el fin de quede dividida en cuatro y con un centro identificado por un punto.

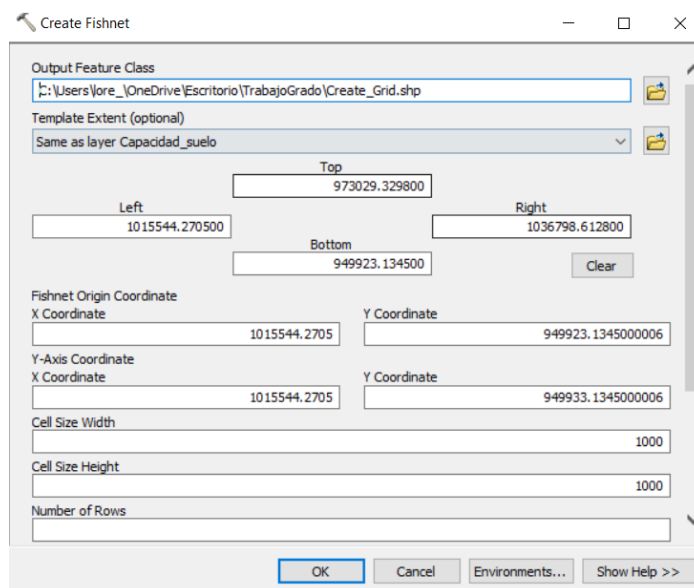


Figura 4. Diseño de la cuadrícula de Ryden

3.2 Curvas de nivel.

Ahora se proceden a cargar las curvas de nivel a escala 1:100.000, superando los bordes del área de estudio.

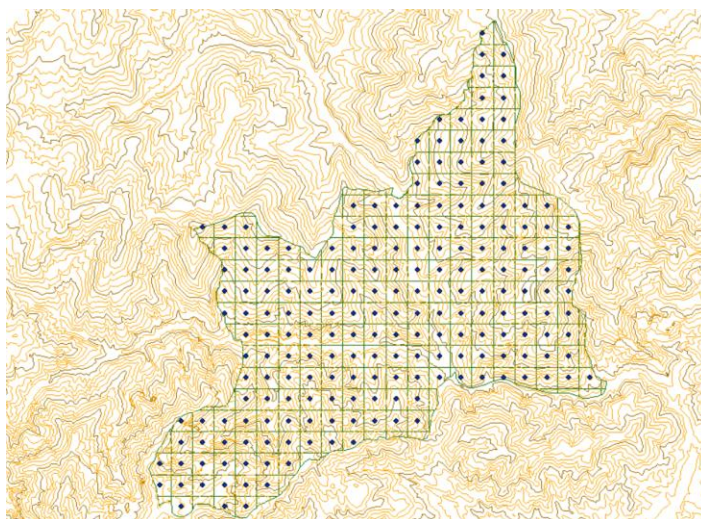
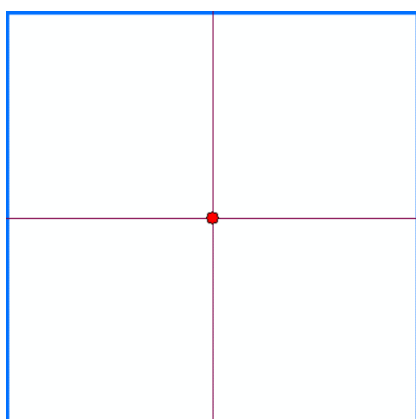


Figura 4. Área de estudio y curvas de nivel correspondientes.

3.3 Conteo y aplicación de la fórmula de pendiente media.

Una vez se encuentre la cuadrícula y las curvas de nivel, se inicia el conteo, que consiste en determinar el número de veces que las curvas de nivel intersecan los ejes interiores de la cuadrícula. Para facilitar el procedimiento, se hace uso de la herramienta Intersect de ArcGIS. Para este procedimiento se debe tener claro cuál de las dos fishnet que se creó en el inicio del procedimiento, es la que se encuentra al interior, y su centro viene demarcado por el punto. Ya que las intersecciones que se deben contar son las de los cuatro ejes interiores de la cuadrícula, no sus bordes (IGAC, 2001).



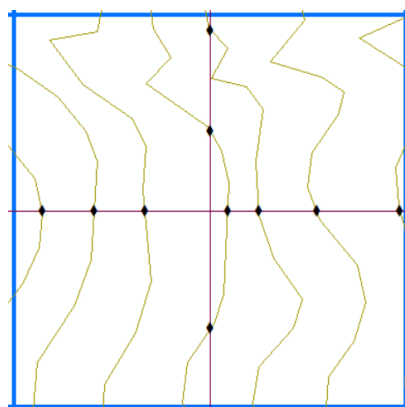
Línea roja: Cuadrícula interior (en donde se deben contar las intersecciones).

Línea azul: Demarcación de la cuadrícula, no se deben contar las intersecciones.

Punto Rojo: Indica el centro de la cuadrícula y es el punto al cual se calcula la pendiente media.

Figura 5. Explicación cuadrícula

Ahora se procede a realizar un intersect entre las curvas de nivel y la cuadrícula interna.



Como se puede observar, la herramienta identifica los puntos en donde las curvas se intersecan con la cuadrícula interior, en este caso hay un total de 4 intersecciones, (si la curva corta más de una vez, deben contarse todas las intersecciones) (IGAC, 2001).

Figura 6. Intersección (Analysis)

4. Cálculo de pendiente media:

$$\frac{I * i * 100}{\frac{\text{Numero de ejes}}{\text{Escala}}} = \text{Pendiente media de un punto dado}$$

Donde

*I: Numero de curvas de nivel que cortan los ejes en cada cuadrado de la cuadrícula i:
Distancia entre curvas de nivel (en metros)*

Escala: En metros. Ej: 1: 100.000 = 100 metros

Ejemplo para la imagen se debe aplicar la siguiente formula.

$$\frac{10 * 100 * 100}{\frac{4}{100}} = \text{Pendiente media de un punto dado}$$

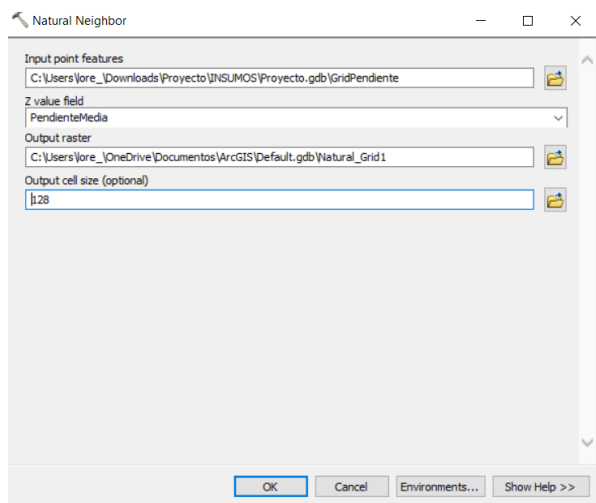
El valor de pendiente media, debe ser hallado para cada uno de los puntos de la cuadrícula que cubre el área de estudio, y se debe asignar dentro de la tabla de atributos de los puntos medios de cada cuadrícula. Este shapefile, de los puntos medios de cada cuadrícula, con su respectivo valor de pendiente media, es el insumo para el siguiente paso.

Para que este cálculo se realizará de una manera más automática, se procedió a diseñar un script de Python donde se calcula la pendiente media para los puntos de cada cuadrícula (IGAC, 2001).

Basados en el Documento Guía Metodológica para el cálculo de la Capacidad de Carga Territorial del Municipio de Puerto López, Meta donde se evidencia el paso a paso de las herramientas de Análisis que se deben ejecutar para tener como resultado final, un mapa de pendientes complejas a continuación se evidencia el Model Builder creado para dicho proceso, donde viene acompañado de un script de Python para el cálculo de la pendiente media definido anteriormente (IGAC, 2001).

5. Aplicación “Natural Neighbor” a los puntos de pendiente media.

Una vez finalizado el conteo, y asignados los valores de pendiente media a los puntos medios de cada cuadrícula, se procesa ese shapefile a través de la herramienta “Natural Neighbor”.



En “Input point features” debe ir el shapefile que corresponde a los puntos medios de la cuadrícula, es decir a los puntos a los que se les asignaron los valores de pendiente media a través del conteo y la aplicación de la fórmula. Se selecciona el nombre de la columna que contenga esos valores y se oprime OK.

Figura 7. Natural Neighbor Input

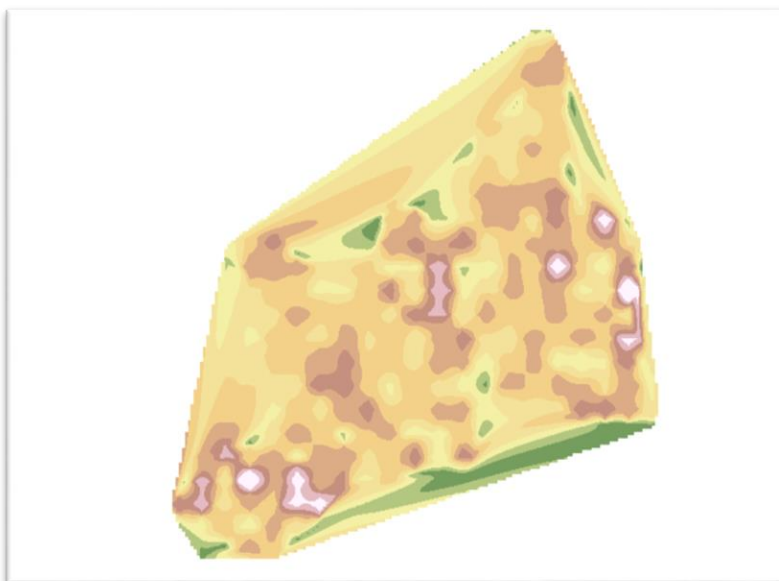


Figura 8. Resultado de Natural Neighbor

6. Aplicar el Reclassify al raster Natural Neighbor

Una vez se obtenga el resultado del raster generado, se procede a realizar el procesamiento de reclasificación de los valores que esta dado a partir de los rangos de pendiente establecidos por (Zuñiga Palma, 2010) a través de la herramienta Reclassify.

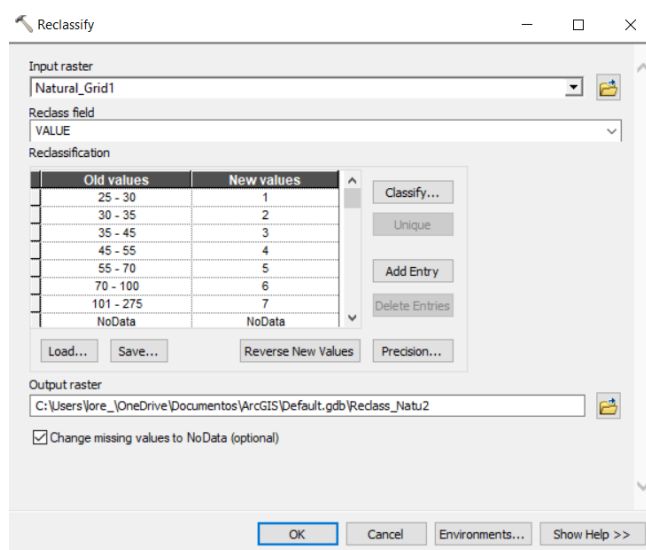


Figura 9. Reclasificación para valores de pendientes en el área de estudio

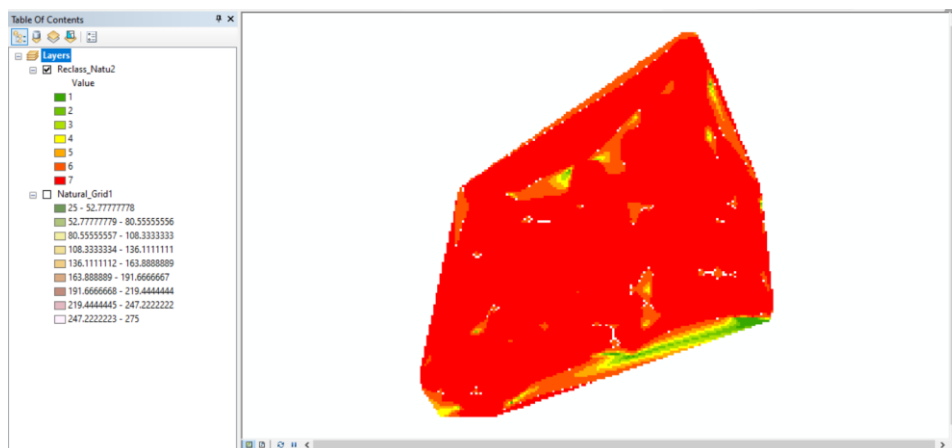


Figura 10. Resultado de Reclasificación

7. Aplicar contour al raster de reclassify.

Finalmente, para obtener las isolíneas que demarcan las zonas de acuerdo a su pendiente, en el área de estudio se debe aplicar la herramienta Contour al raster resultado del reclassify, para este se debe elegir un intervalo de contorno de 1, ya que es el rango que se estableció en reclassify y se da clic en ok.

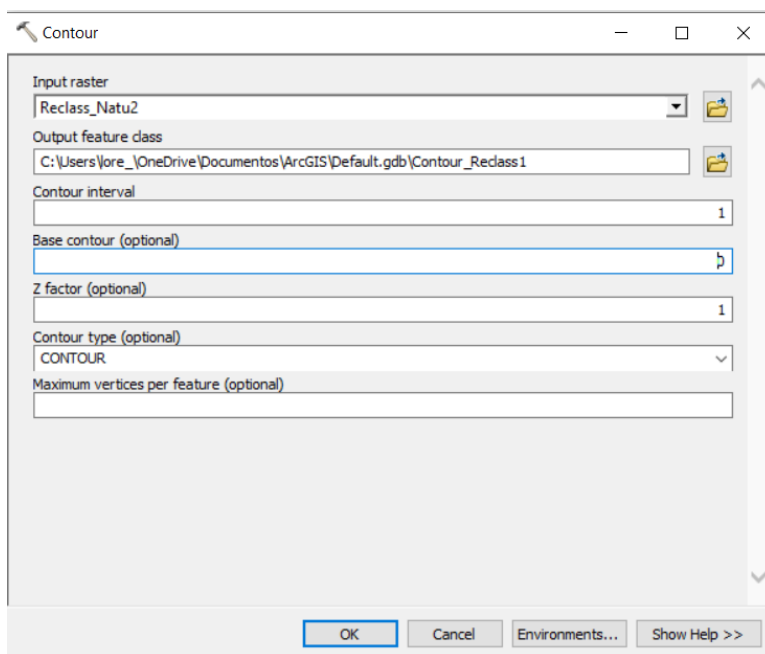


Figura 11. Contour

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A través de las herramientas de análisis, se generó un modelo el cual permite realizar diferentes geoprocetamiento con el software ArcGIS Desktop, para el desarrollo de este se utiliza la siguiente metodología mencionada,

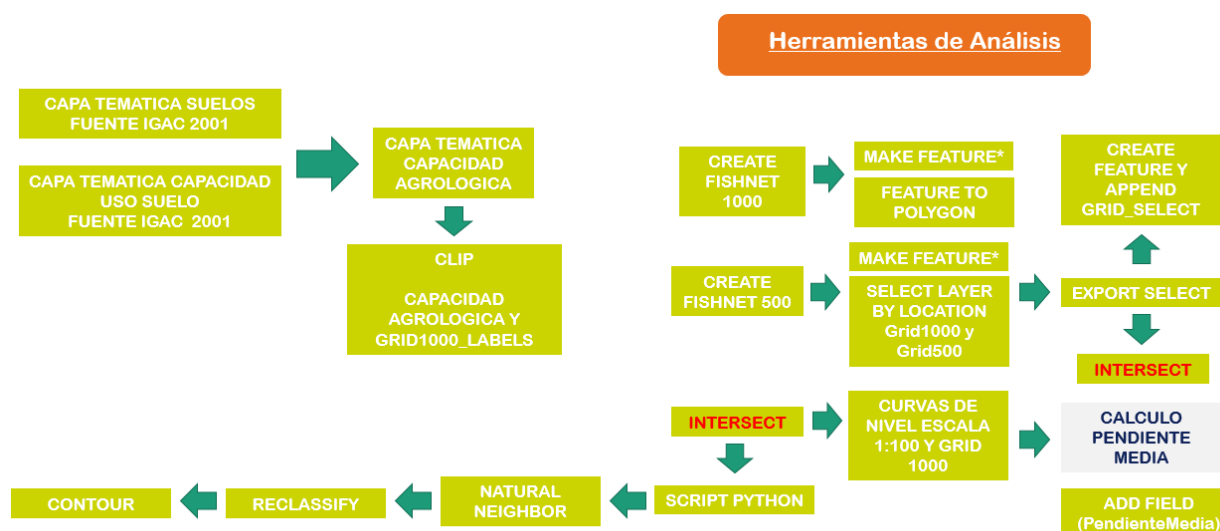


Figura 12. Metodología Model Builder

El conjunto de herramientas utilizadas en la creación del modelo se describe a continuación:

- Unión (Analysis): Calcula una unión geométrica de las entidades de entrada. Todas las entidades y sus atributos se escribirán en la clase de entidad de salida.

Se realiza la unión de los elementos Suelos y Capacidad del suelo

- Create Fishnet (Data Management): Crea una red de celdas rectangulares. La salida pueden ser entidades polilíneas o entidades de polígono.

Se crean dos grillas de 1000 y 500.

- Make Feature Layer (Data Management): Crea una capa de entidades a partir de un archivo de capa o clase de entidad de entrada. La capa creada por la herramienta es temporal y, una vez finalizada la sesión, no permanece en el sistema a menos que se guarde el documento de mapa o que la capa se guarde en el disco.
- Add Field (Data Management): Agrega un nuevo campo a una tabla o a la tabla de una clase de entidad o capa de entidades, así como a rásteres con tablas de atributos.

- Clip (Analysis): Extrae entidades de entrada que se superponen a las entidades del clip.
- Select Layer By Location (Data Management): Selecciona entidades basadas en una relación espacial con las entidades de otro dataset.
- Create Feature Class (Data Management): Crea una clase de entidad vacía en una geodatabase o un shapefile de una carpeta.
- Feature To Polygon (Data Management): Crea una clase de entidad que contiene polígonos generados a partir de áreas encerradas por entidades de polígono o de línea de entrada.
- Append (Data Management): Adjunta múltiples datasets de entrada en un dataset de destino existente. Los datasets de entrada pueden ser clases de entidad, tablas, shapefiles, rásteres o clases de entidad de anotación o de dimensión.
- Intersect (Analysis): Calcula una intersección geométrica de las entidades de entrada. Las entidades o partes de entidades que se superponen con todas las capas o clases de entidad se escriben en la clase de entidad de salida.
- Pendiente (Script de Python): Script que calcula uno a uno la pendiente media de la grilla.
- Delete Features (Data Management): Elimina todas o el subconjunto seleccionado de filas desde la entrada.
- Natural Neighbor (Spatial Analyst): Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de vecinos naturales.
- Reclassify (Spatial Analyst): Reclassifica (o cambia) los valores en un ráster.
- Contour (Spatial Analyst): Crea una clase de entidad de curvas de nivel a partir de una superficie de ráster.

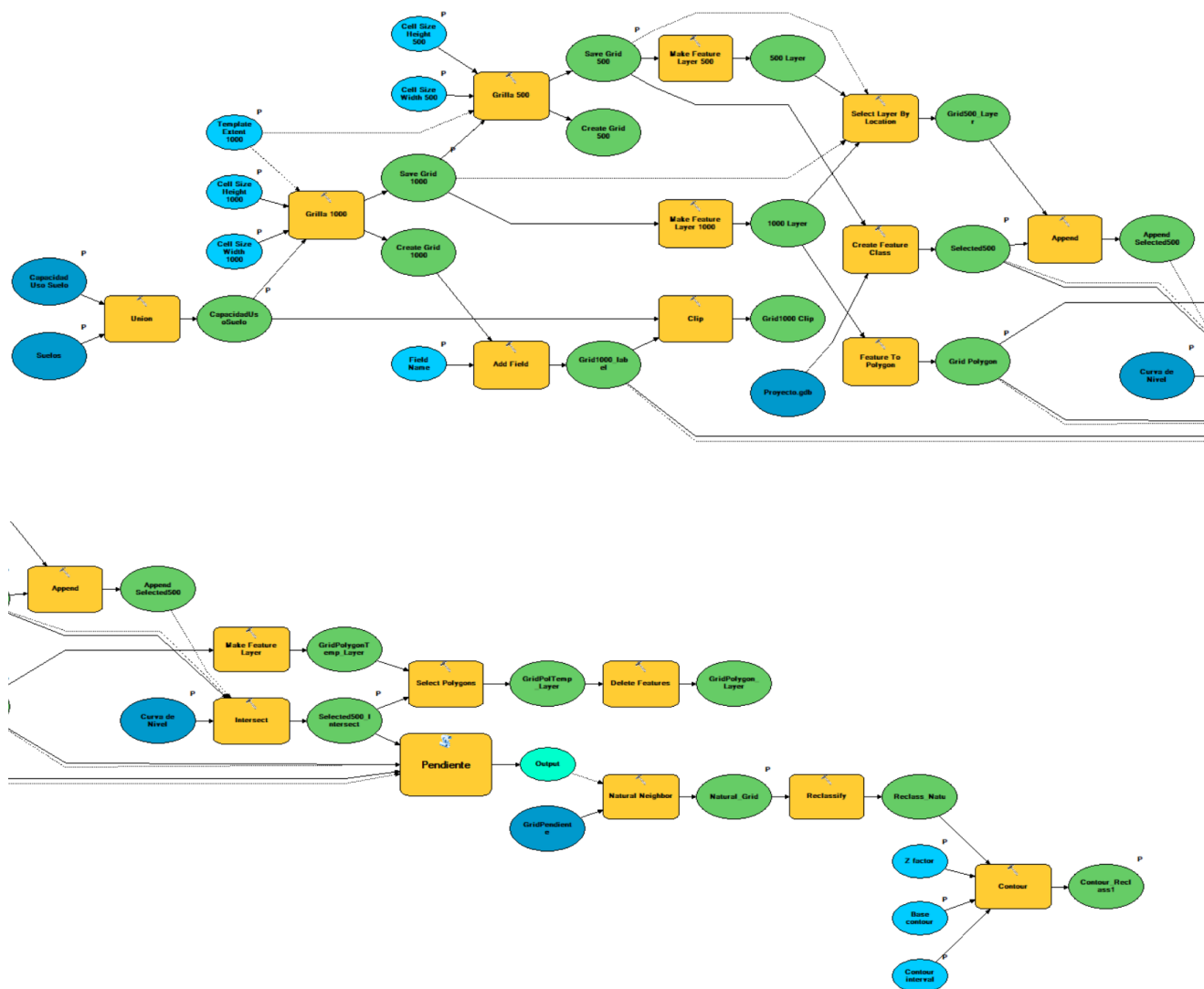


Figura 13. Model Builder pendientes complejas

Script Python Calculo Pendiente Media

Se crea un script en Python para recorrer el polígono con los valores para calcular la pendiente media, en este proceso se realiza un Clip de los puntos que se interceptan y de esta manera obtener la cantidad y poder aplicar la fórmula: $(Cantidad * 100^2 / 4) / 100$.

El script recibe como parámetros los valores provenientes del modelo:

- Selected500: Capa con los datos contenidos entre las capas Grid500 y Grid1000.
- I_GridPolygon: Capa Grid Polygon.
- Grid1000: Capa Grid1000_label.
- Output: Devuelve un resultado para continuar con la ejecución del modelo.

Antes de iniciar se limpia los datos de la capa GridPendiente: mediante la herramienta de geoprocésamiento: `arcpy.DeleteFeatures_management`, se compacta la base de datos mediante la herramienta de geoprocésamiento: `arcpy.Compact_management`.

Se realiza un recorrido con la función `arcpy.da.SearchCursor` a la capa `I_GridPolygon_Layer` (`I_GridPolygon`), mediante la función `arcpy.Clip_analysis` entra las capas `Selected500_Intersect` y cada fila del cursor (Capa resultante llamada `ClipPoint2` en la Geodatabase se almacena como `GridPointByPoly`), se obtiene el número de filas cortadas para el posterior uso de la formula mediante la herramienta de geoprocésamiento `arcpy.GetCount_management`, se crean dos campos de tipo doble llamados: Filas y Pendiente Media en la capa resultante del corte.

Luego se realiza el cálculo mediante la fórmula:

$$\text{CountPend} = (\text{Count} * \text{math.pow}(100, 2) / 4) / 100$$

Ya con los datos obtenidos se realiza un Append a la capa GridPendiente mediante la herramienta de geoprocésamiento `arcpy.Append_management` y se elimina la capa `ClipPoint2` para empezar el proceso con la siguiente fila.

De esta manera podemos obtener los resultados de las pendientes complejas para cada área de estudio, a través de un modelo geográfico y una interfaz sencilla e interactiva.

Mapa de Pendientes Complejas

A través de la ejecución del Model Builder , como producto final se crea las líneas que son el producto final del cálculo de la pendiente media por lo cual se evidencia la ejecución correcta del Modelo geográfico.

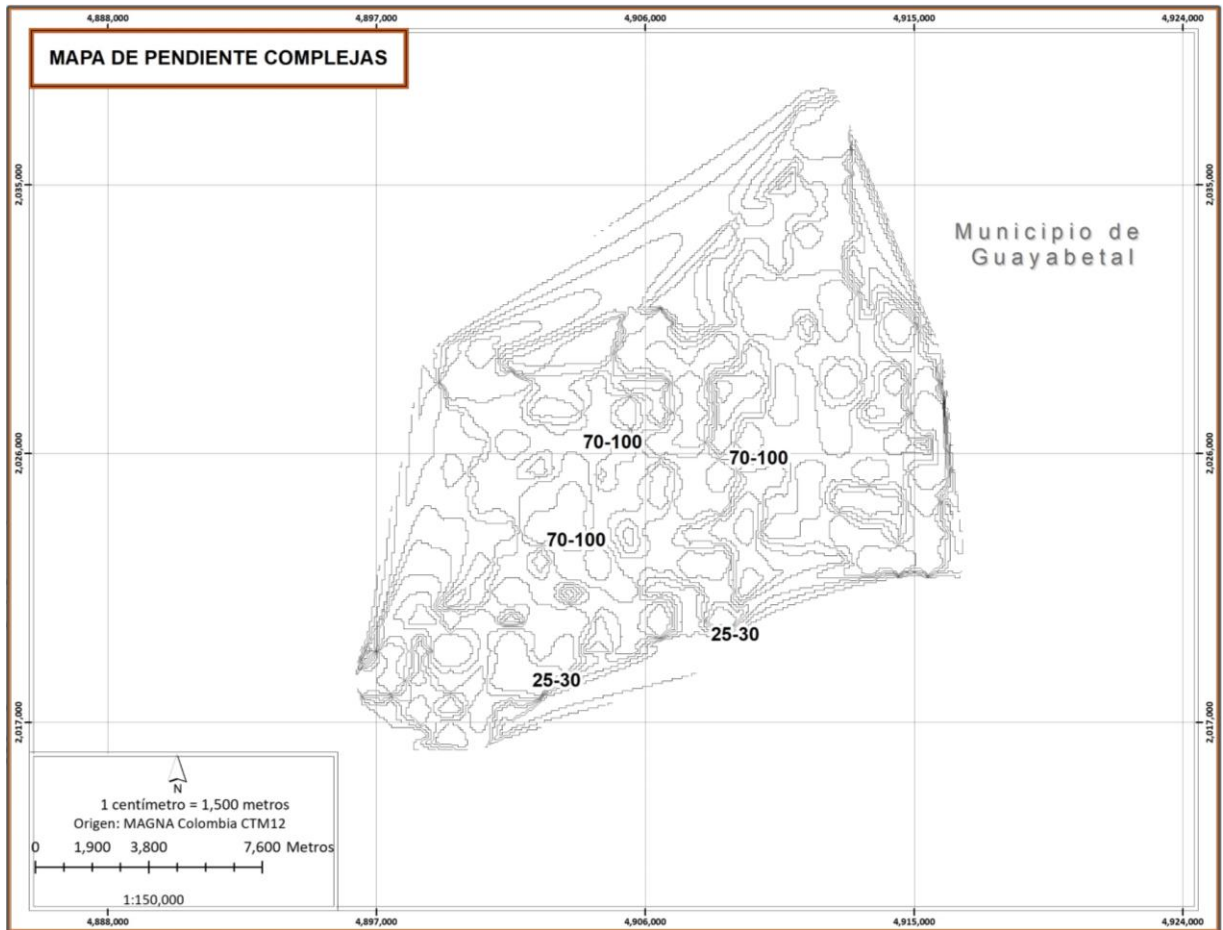


Figura 14. Mapa Pendiente Compleja

CONCLUSIONES

- En términos generales, se crea un Model Builder el cual permite crear los parámetros tanto de entrada como salida siendo estos insumos necesarios para su ejecución y análisis de la metodología de pendientes complejas.
- Se puede percibir que fue necesario la construcción de un Script de Python el cual permitiera el recorrido de la grilla con la finalidad de realizar el cálculo de la pendiente Media , donde se realizan varias pruebas para comprobar el normal funcionamiento del modelo y permita aplicar la formula correcta para su ejecución.

BIBLIOGRAFIA

- Guayabetal*. (s.f.). Obtenido de
<http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/CUNDINAMARCA/MUNICIPIOS/GUAYABETAL/GUAYABETAL.htm>
- Guayabetal, M. d. (2001). *Esquema de ordenamiento territorial*. Obtenido de
<https://docplayer.es/35852534-Esquema-de-ordenamiento-territorial-municipio-de-guayabetal-cundinamarca-metodologia-marco-legal-y-diagnostico-rural.html>
- IGAC. (31 de 12 de 2001). *Mapa Digital de Suelos del Departamento de Cundinamarca, República de Colombia. Escala 1:100.000. Año 2001*. Obtenido de
<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- Zuñiga Palma, H. (2010). *Hagamos el ordenamiento territorial del sector rural de nuestro municipio*. Obtenido de
https://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/pendiente_compleja.pdf